

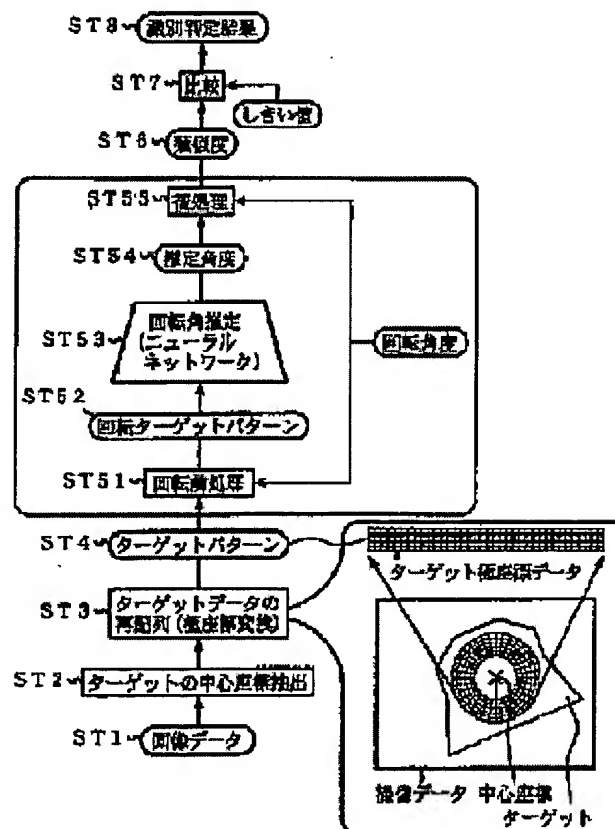
# IMAGE RECOGNITION DEVICE

**Patent number:** JP11015973  
**Publication date:** 1999-01-22  
**Inventor:** ARIMA YUTAKA  
**Applicant:** MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
**Classification:**  
**- International:** G06T7/00; G06F15/18; G06T3/60  
**- european:**  
**Application number:** JP19970166388 19970623  
**Priority number(s):** JP19970166388 19970623

Report a data error here

## Abstract of JP11015973

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an image recognition device capable of recognizing a turning image by less operation volume in order to attain pattern recognition allowing the rotation of a target by actual device cost and processing time. **SOLUTION:** The device is provided with a turning angle estimation part (ST53) for inputting respective elements of a target pattern and outputting an estimated turning angle by a neural network in which a synapse load value is previously set up based on a reference pattern and a judgement part (ST6 to ST8) for correcting the output value of a phase difference between the estimated output value and a previously set expected value and judging identify between the target and the reference in accordance with similarity between the expected value and the corrected output value.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-15973

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/70 4 6 5 A
G 0 6 F 15/18	5 6 0	15/18 5 6 0 C
G 0 6 T 3/60		15/66 3 5 0 A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-166388

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月23日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 有馬 裕

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

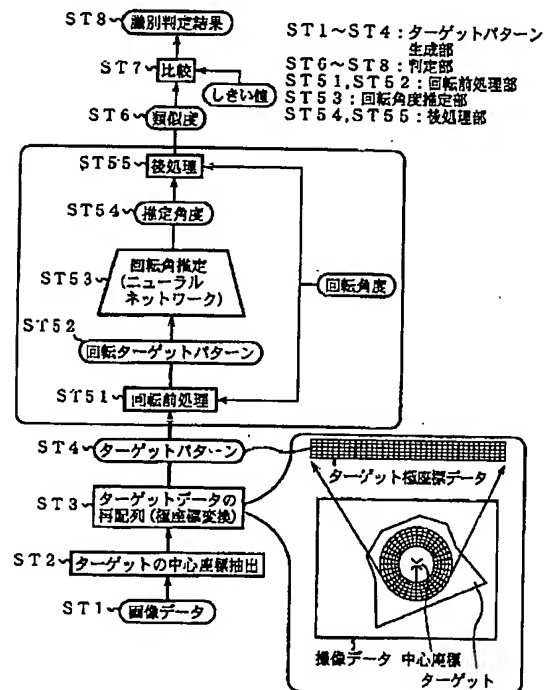
(74) 代理人 弁理士 田澤 博昭 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像認識装置

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットの回転を許容した認識処理について、認識性能を高くするために空間分解能を増強することを、演算処理量の急激な増加に伴う装置コストまたは処理時間の増加によって実現することが難しい。

【解決手段】 ターゲットパターンの各要素を入力し、予め参照パターンに基づきシナプス荷重値を設定したニューラルネットワークにより推定回転角度を出力する回転角度推定部 (ST53) と、その推定された出力値と予め設定された期待値との位相差分その出力値を補正し、その期待値とその補正された出力値との類似度に応じて対象物と参照物との同一を判定する判定部 (ST6~ST8) とを備えるように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物の画像データからターゲットパターンを生成するターゲットパターン生成部と、上記ターゲットパターンの各要素を入力し、予め生成された参照物の参照パターンに基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより推定回転角度を出力する回転角度推定部と、その回転角度推定部により推定された出力値とその回転角度推定部により予め設定された期待値との位相差分その出力値を補正し、その期待値とその補正された出力値との類似度に応じて上記対象物と上記参照物との同一を判定する判定部とを備えた画像認識装置。

【請求項2】 対象物の画像データから、その画像データ上の中心を原点として極座標変換された動径と角度を次元とするターゲットパターンを生成するターゲットパターン生成部と、予め設定された複数の回転角度に応じて、上記ターゲットパターンを角度方向にシフトさせ複数の回転ターゲットパターンを生成する回転前処理部と、上記各回転ターゲットパターンの各要素を入力し、予め生成された参照物の参照パターンに基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより、それら各回転ターゲットパターンごとに推定された回転角度に応じて出力値を出力する回転角度推定部と、その回転角度推定部により推定された回転角度に応じた出力値とその回転角度推定部により予め設定された期待値との位相差に応じてその出力値を補正する後処理部と、上記期待値と上記後処理部により補正された出力値との類似度を演算し、その類似度が所定値以内の場合に上記対象物が上記参照物と同一であると判定する判定部とを備えた画像認識装置。

【請求項3】 回転角度推定部は、複数の出力ニューロンを有し、各々の出力ニューロン毎に担当角度を分担させ、後処理部は、その回転角度推定部により推定された担当角度に応じた出力値とその回転角度推定部により予め設定された担当角度毎の期待値との位相差に応じてそれら出力値を補正し、判定部は、それら担当角度毎の期待値とその後処理部により補正されたそれら担当角度に応じた出力値との類似度を演算し、それら類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定するようにしたことを特徴とする請求項2記載の画像認識装置。

【請求項4】 後処理部および判定部は、回転角度推定部により推定された回転角度に応じた出力値を入力し、予め設定された期待値に基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより、その期待値と出力値との類似度を出力することを特徴とする請求項2または請求項3記載の画像認識装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、対象物の画像デ

ータを演算処理することにより、その対象物を特定する画像認識装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】CCD (Charge Coupled Device) カメラ等で撮像した画像データを演算処理することで特定の対象パターンを認識する、いわゆる画像認識技術は、FA (Factory Automation) 分野等において多く利用されている。特に柔軟な認識技術として、対象パターンの位置や傾き (回転角度) によらず正しく認識することが、多くの画像認識処理において強く要求されている。例えば、『三菱ビジョンセンサーユニットのカタログ、1995年6月、三菱電機株式会社発行』に示された、組立工場等で用いられる画像認識装置 (ビジョンセンサーユニット) においては、バルブ等の部品の位置や傾き (回転角度) を認識する機能が既に実現され、製品化されている。

【0003】従来、位置を抽出する方法としては、対象物とそれ以外の色または模様等の違いを利用して、それらの量の射影等の前処理によって比較的容易に画面全体の中から対象物の大まかな位置を特定することができた。しかし、任意の傾き (回転角度) を許容する認識を実現するためには、大まかな位置を特定した後の対象物の回転を許容するための演算処理量が著しく増大する問題があった。

【0004】次に動作について説明する。図8は従来の画像認識装置の画像マッチング方式を示す説明図である。認識したい部品パターンに関して全ての回転角度に対応する参照パターンを用意し、対象パターンに対して全ての参照パターンとの類似度を評価し、最も類似している参照パターンの類似度が予め設定したしきい値以下の場合に、対象パターンは認識すべきパターンであるとする。なお、その参照パターンの角度は部品の傾きに対応する。即ち、従来のパターン認識手法では、回転した全ての場合の参照パターンを用意して各々に対して認識処理を実行することによって、多様な回転角の対象パターンの認識を実質的に実現していた。その結果、予め準備する参照パターンの回転角の場合の数に比例して認識処理の演算量が増大する問題が生じていた。なお、参照パターンを一つにして対象パターンを回転処理してもよいが、この場合においても、対象パターンの回転角の場合の数に比例して認識処理の演算量が増大する。回転角度の分解能を  $n$  とした場合、回転を許容するための演算量は一般に  $n$  の二乗に比例するので、認識精度を確保するために角度分解能  $n$  を増加させると急激な演算量の増加を招き、処理時間や装置のコストが急激に増加する問題があった。そこで、演算量の急激な増加を招かない、回転を許容する画像認識技術の開発が強く求められている。

【0005】図9は従来の画像認識装置の動作を示すフローチャートである。ここで取り扱う画像認識装置は次

の条件で特徴付けられる。以下、対象とするパターンをターゲットと呼ぶ。ターゲットは2次元平面上の配列データパターンで特徴付けられる。ターゲットの中心位置は、予め設定した前処理等により、一定の誤差を含んで特定されるものとする。与えられたターゲットの中心位置を原点とした同一半径円上のデータを円周方向に配列し直した、いわゆる極座標に変換した、動径と角度を次元とする2次元配列データを入力パターンとし、認識処理で取り扱うパターンの単位(ターゲットパターン)とする(ステップST1～ステップST4)。

【0006】予め用意した認識すべきターゲット用の参照パターンと入力されるターゲットパターンとの類似度(値が小さいほど類似しているとするスカラー量)を算出し(ステップST5)、その値が予め設定したしきい値以下の場合にターゲットが認識すべき対象パターンであるとし、しきい値を越える場合にはそれ以外のパターンであると判定することを認識処理の基本としている(ステップST6～ステップST8)。その基本構成は変更せず、全ての予想される回転角度に対応した参照パターンを用意し、それら全ての参照パターンに対して類似度を算出し、しきい値と比較する処理を実行することで実質的に、ターゲットの回転角度によらず認識したい特定パターンの識別を実現している。参照パターンと入力されるターゲットパターンとの類似度は、一般に、対応する各要素の差の絶対値あるいは二乗値の総和によって評価されるので、類似度算出に必要な演算量は要素数に比例し、高い認識性能を実現するための要素(空間分解能)数増大に伴って演算量は比例増加する。また、任意の回転角度を許容するための演算量は、角度方向の階調数倍に増えるので、回転角に関する空間分解能の二乗に比例して急激に増大することになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の画像認識装置は以上のように構成されているので、ターゲットの回転を許容した認識処理において、認識性能を高くするために空間分解能を増強すれば、演算処理量の急激な増加に伴い装置コストおよび処理時間が増加してしまい、認識性能を高くすることを実現することが難しいなどの課題があった。

【0008】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、現実的な装置コストおよび処理時間でターゲットの回転を許容するパターン認識を実現するために、より少ない演算量で回転画像を認識できる画像認識装置を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明に係る画像認識装置は、ターゲットパターンの各要素を入力し、予め参照パターンに基づきシナプス荷重値を設定したニューラルネットワークにより推定回転角度を出力する回転角度推定部と、その回転角度推定部により推定さ

れた出力値とその回転角度推定部により予め設定された期待値との位相差分その出力値を補正し、その期待値とその補正された出力値との類似度に応じて対象物と参照物との同一を判定する判定部とを備えたものである。

【0010】請求項2記載の発明に係る画像認識装置は、複数の回転角度に応じて、ターゲットパターンを角度方向にシフトさせ複数の回転ターゲットパターンを生成する回転前処理部と、各回転ターゲットパターンの各要素を入力し、予め生成された参照物の参照パターンに基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより、それら各回転ターゲットパターンごとに推定された回転角度に応じて出力値を出力する回転角度推定部と、その推定された回転角度に応じた出力値とその回転角度推定部により予め設定された期待値との位相差に応じてその出力値を補正する後処理部と、期待値と後処理部により補正された出力値との類似度を演算し、その類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定する判定部とを備えたものである。

【0011】請求項3記載の発明に係る画像認識装置は、回転角度推定部において、複数の出力ニューロンを有し、各々の出力ニューロン毎に担当角度を分担させ、後処理部において、その回転角度推定部により推定された担当角度に応じた出力値とその回転角度推定部により予め設定された担当角度毎の期待値との位相差に応じてそれら出力値を補正し、判定部において、それら担当角度毎の期待値とその後処理部により補正されたそれら担当角度に応じた出力値との類似度を演算し、それら類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定するようにしたものである。

【0012】請求項4記載の発明に係る画像認識装置は、後処理部および判定部において、回転角度推定部により推定された回転角度に応じた出力値を入力し、予め設定された期待値に基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより、その期待値と出力値との類似度を出力するようにしたものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による画像認識装置の動作を示すフローチャートである。ここで取り扱う画像認識装置は次の条件で特徴付けられる。以下、対象とするパターンをターゲットと呼ぶ。ターゲットは2次元平面上の配列データパターンで特徴付けられる。ターゲットの中心位置は、予め設定した前処理等により、一定の誤差を含んで特定されるものとする。与えられたターゲットの中心位置を原点とした同一半径円上のデータを円周方向に配列し直した、いわゆる極座標に変換した、動径と角度を次元とする2次元配列データを入力パターンとし、認識処理で取り扱うパターンの単位(ターゲットパターン)とする(ステップST1～ステ

ップST4：ターゲットパターン生成部）。これらステップST1～ステップST4の処理は、従来技術と同一の処理である。

【0014】この実施の形態1による画像認識装置の機能構成上の特徴は、従来装置における類似度算出処理機能（ステップST5）が3つの処理機能、即ち、回転前処理機能（ステップST51、ST52：回転前処理部）、回転角度推定処理機能（ステップST53、ST54：回転角度推定部）、そして、複数の推定角度を基に類似度を算出するための補正処理を行う後処理機能（ステップST55：後処理部）で構成されていることである。回転前処理部では、与えられたターゲットパターンを指定された回転角度に対応した回転ターゲットパターンへ変換する処理を行う。回転角度推定部は、入力されたパターンの回転角度を出力する機能で、ニューラルネットワークにより実現することができる。

【0015】このニューラルネットワークは、一般に予め認識すべきサンプルパターンにより回転角度を出力するように誤差逆伝播法（EBP：Error Back

Propagation）で学習された、多層パーセプトロン型のニューラルネットワークを用いることができる。後処理部では、指定した複数の回転角度にしたがって回転された回転ターゲットパターンに対する推定角度の変化量を基に類似度を算出するための補正処理を行う。さらに、ニューラルネットワークにおける期待値と後処理部により補正処理された出力値との類似度を演算し、その類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定する（ステップST6～ステップST8：判定部）。

【0016】次に動作について説明する。各機能部毎の処理概要と機能構成を図を用いて説明する。図2は回転前処理のパターンを示す概念図である。対象物の画像データから抽出され極座標変換された図2中のターゲットパターンは、角度 $\theta$ 方向に $n$ 、動径 $r$ 方向に5の、 $n \times 5$ 配列データの場合を例示している。この場合、角度方向の分解能は $360/n$ 度となる。但し、この実施の形態1において、角度方向および動径方向の分解能は特に限定されるものではない。このターゲットパターンを回転処理した回転ターゲットパターンを図2上側に示す。ここでは $360 \times 3/n$ 度回転処理させた状態を例示しており、 $360 \times 3/n$ 度の回転処理は、ターゲットパターンを角度方向に3要素分、左にシフト（ローテーション）することで表現することができる。つまり、角度方向のシフト量によってシフト数 $\times 360/n$ 度に対応する回転処理を実現することができる。図1に示した画像認識装置において、回転前処理部に回転角度が与えられる構成になっていることから、回転前処理部では与えられた回転角度 $\theta$ に対応するシフト量（ $= n \times \theta / 360$ ）だけ角度方向にシフトさせた回転ターゲットパターンを出力する機能が実現されれば良い。また、回転角度

$\theta$ を指定する手段として角度 $\theta$ を与える替りにシフト量を直接与える構成にしても良い。

【0017】図3はニューラルネットワークによる回転角推定部を示す概念図である。この回転角推定部では、3層の階層型ニューラルネットワーク（多層パーセプトロン）を用いる例を示している。図4は回転ターゲットパターンと入力ニューロンとの関係を示す概念図である。この入力ニューロンは入力される回転ターゲットパターンの各要素に対応させて、図4に示すとおり、回転ターゲットパターンが $n \times 5$ の配列データである場合には、 $5n$ 個の入力ニューロンが必要になる。但し、入力ニューロン数は規定されるものではなく、適当な処理によって、例えば、各角度毎に半径方向の値を平均して $n$ 個の入力数に圧縮する等の方法も考えられる。ターゲットパターンの各要素の入力ニューロンへの対応付けに関するこの実施の形態1での要件は、各入力ニューロン間の相対的な位置関係が対応する回転ターゲットパターンの要素間の相対角度の関係に常に一致していることだけである。

【0018】中間ニューロン数については、特に規定しないが、このニューラルネットワークは予め認識したい参照用ターゲットパターン（参照パターン）を用いて、ターゲットパターンの回転角度を出力するように誤差逆伝播法（EBP：Error Back Propagation）により学習するので、高い識別能力を実現するために、認識したいターゲットに適応した適当な数にする必要がある。即ち、中間ニューロン数が多すぎると誤認率が高くなり、少なすぎると認識率が低下するので、高い識別能力を実現するためには、問題対象に依じて適当な数に調整する必要がある。出力ニューロン数は、認識するターゲットパターンの複雑さに対応して増やすことも可能であるが、ここでは最も単純な場合として、出力ニューロンが1個の場合を示す。学習時の出力ニューロンの期待値は、図3の上部に示すような $\sin$ 関数のような周期関数が望ましいが、この期待値の関数形式も何等この実施の形態1を規定するものではない。このニューラルネットワークは、予め、学習する参照ターゲットパターンあたりシフト数が $0 \sim n-1$ の $n$ 個の回転パターンを各回転角度を期待値として逆伝播学習を行う。但し、この実施の形態1では学習の方法等については特に規定しない。

【0019】図5は後処理部および判定部の処理内容を示す説明図であり、回転角推定部で各回転ターゲットパターン毎に出力された推定回転角度を基に予め設定した認識すべきターゲットパターンとの類似度を出力する処理を示したものである。まず、出力パターンの大局的特徴に基づき、期待値パターン（この実施の形態1では $\sin$ 関数）との位相差 $\Delta$ を求める。この位相差 $\Delta$ は、対象物のターゲットパターンと参照ターゲットパターンとの回転角度を示すものであり、位相差 $\Delta$ は、各々の重心

位置の差で求める方法や最小二乗法等により求めることができる。但し、位相差 $\Delta$ を求める手段についてはこの実施の形態1において規定するものではない。そして、その出力値を位相差 $\Delta$ によって補正した後、各回転角度毎の出力値と期待値との差の二乗和を算出し、その値を類似度（値が小さいほど類似している）として出力し、その類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定する。

【0020】以上のように、この実施の形態1によれば、ニューラルネットワークで実現される回転角度推定部の汎化能力によって、数回のターゲットパターンの回転による演算処理によって類似度を求めることができ、認識性能の向上はニューラルネットワークの角度推定能力の向上によって実現することができる。即ち、ターゲットの回転を許容する画像認識処理は、従来装置では、 $n$ 通り（角度階調が $n$ の場合）の回転の場合だけ類似計算を繰り返して実行する必要がある、 $n$ の二乗に比例して演算処理量が増大していた。しかしながら、この実施の形態1によれば、回転画像認識処理に必要な演算量は $n$ に比例した増加のみ生じ、角度階調 $n$ の増加に伴う演算処理量の急激な増大を防止できる効果がある。また、回転前処理部は、ターゲットパターンをシフトするだけで容易に回転ターゲットパターンを生成することができ、回転ターゲットパターンの生成における処理の増加を抑制することができる効果がある。

【0021】実施の形態2。図6はこの発明の実施の形態2によるニューラルネットワークによる回転角推定部を示す概念図である。この実施の形態2では、実施の形態1において、回転角度推定部のニューラルネットワークの出力ニューロンを複数にして識別性能を向上させるものである。図6に示すように、各々の出力ニューロン毎に担当角度を分担させ、出力ニューロン#0に角度0～180度、出力ニューロン#1には角度90～270度、出力ニューロン#2には角度180～360度、出力ニューロン#3には角度270～90度を各々割り当てる。その後、後処理部において、その回転角度推定部により推定された担当角度に応じた出力値と回転角度推定部により予め設定された担当角度毎の期待値との位相差に応じて出力値を補正し、判定部において、担当角度毎の期待値と後処理部により補正された担当角度に応じた出力値との類似度を演算し、類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定する。

【0022】以上のように、この実施の形態2によれば、複数の出力ニューロンを設け、それぞれの反応角度領域を分散させることで非線形変換の自由度を増大させることができ、識別能力を高めることができる効果がある。

【0023】実施の形態3。図7はこの発明の実施の形態3によるニューラルネットワークによる後処理部および判定部を示す概念図である。この実施の形態3では、

実施の形態1において、複数の推定角度値から類似度を求める後処理および判定部を実現する構成として、図7に示すようなニューラルネットワークを用いるものである。各入力ニューロンには、回転角度推定部により推定された回転角度に応じた出力値を入力し、2個の出力ニューロンには類似度と回転角度が出力されるように予め学習を施しておく。この後処理用のニューラルネットワークの入力ニューロン数はターゲットパターンを認識するために回転させる場合の数に相当する。

【0024】以上のように、この実施の形態3によれば、後処理部および判定部をニューラルネットワークにより構成することができる効果がある。

【0025】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の発明によれば、ターゲットパターンの各要素を入力し、参照パターンに基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより推定回転角度を出力する回転角度推定部と、その推定された出力値と予め設定された期待値との位相差分その出力値を補正し、その期待値とその補正された出力値との類似度に応じて対象物と参照物との同一を判定する判定部とを備えるように構成したので、ニューラルネットワークの汎化能力によって、比較的少ない演算処理量で回転を許容するパターン認識ができ、処理速度を向上し、装置コストを低減することができる効果がある。

【0026】請求項2記載の発明によれば、複数の回転角度に応じて、ターゲットパターンを角度方向にシフトさせ複数の回転ターゲットパターンを生成する回転前処理部と、各回転ターゲットパターンの各要素を入力し、参照パターンに基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより、それら各回転ターゲットパターンごとに推定された回転角度に応じて出力値を出力する回転角度推定部と、その推定された回転角度に応じた出力値と予め設定された期待値との位相差に応じてその出力値を補正する後処理部と、その期待値と補正された出力値との類似度を演算し、その類似度が所定値以内の場合に対象物が参照物と同一であると判定する判定部とを備えるように構成したので、回転前処理部はターゲットパターンをシフトするだけで容易に回転ターゲットパターンを生成することができ、回転ターゲットパターンの生成における処理の増加を抑制することができる効果がある。

【0027】請求項3記載の発明によれば、回転角度推定部は、複数の出力ニューロンを有し、各々の出力ニューロン毎に担当角度を分担させ、後処理部は、回転角度推定部により推定された担当角度に応じた出力値と回転角度推定部により予め設定された担当角度毎の期待値との位相差に応じて出力値を補正し、判定部は、担当角度毎の期待値と後処理部により補正された担当角度に応じた出力値との類似度を演算し、類似度が所定値以内の場

合に対象物が参照物と同一であると判定するように構成したので、複数の出力ニューロンを設け、それぞれの反応角度領域を分散させることで非線形変換の自由度を増大させることができ、識別能力を高めることができる効果がある。

【0028】請求項4記載の発明によれば、後処理部および判定部は、回転角度推定部により推定された回転角度に応じた出力値を入力し、予め設定された期待値に基づいてシナプス荷重値が設定されたニューラルネットワークにより、期待値と出力値との類似度を出力するように構成したので、後処理部および判定部をニューラルネットワークにより構成することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による画像認識装置の動作を示すフローチャートである。

【図2】 回転前処理のパターンを示す概念図である。

【図3】 ニューラルネットワークによる回転角推定部を示す概念図である。

【図4】 回転ターゲットパターンと入力ニューロンとの関係を示す概念図である。

【図5】 後処理部および判定部の処理内容を示す説明図である。

【図6】 この発明の実施の形態2によるニューラルネットワークによる回転角推定部を示す概念図である。

【図7】 この発明の実施の形態3によるニューラルネットワークによる後処理部および判定部を示す概念図である。

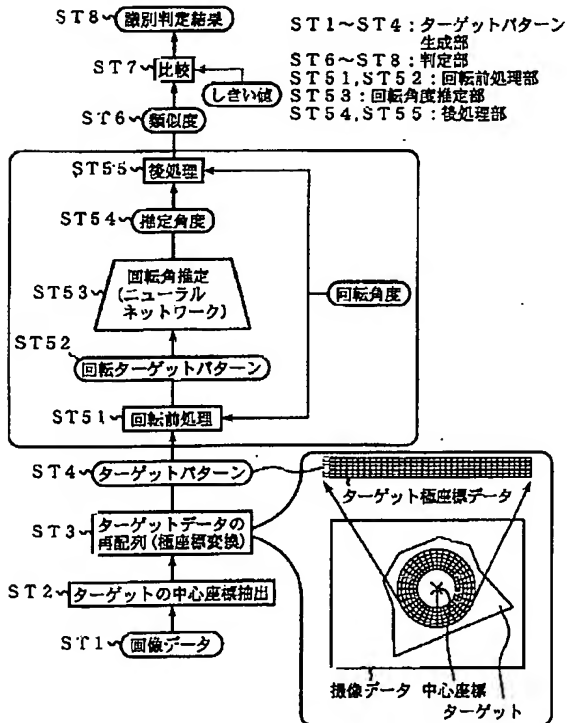
【図8】 従来の画像認識装置の画像マッチング方式を示す説明図である。

【図9】 従来の画像認識装置の動作を示すフローチャートである。

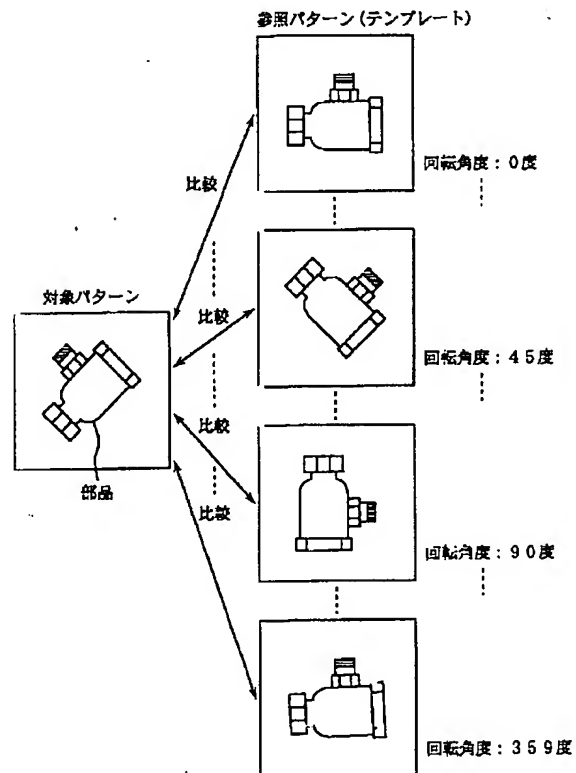
【符号の説明】

ST1～ST4 ターゲットパターン生成部、ST6～ST8 判定部、ST51, ST52 回転前処理部、ST53 回転角度推定部、ST54, ST55 後処理部。

【図1】



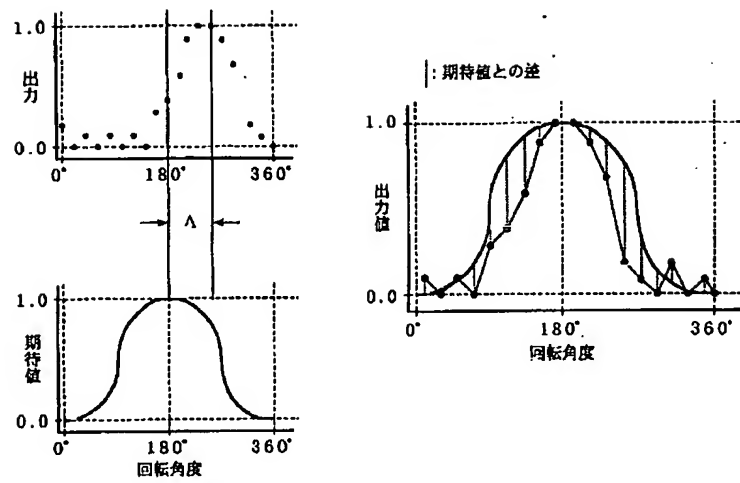
【図8】



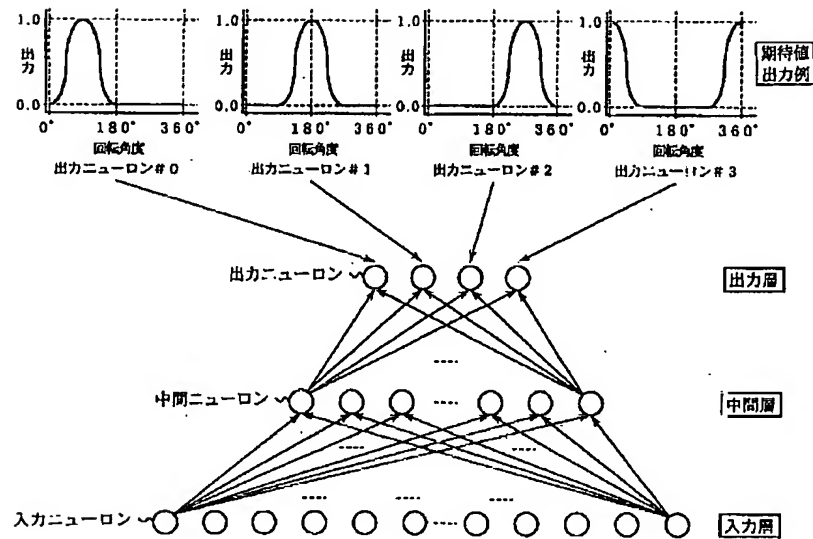




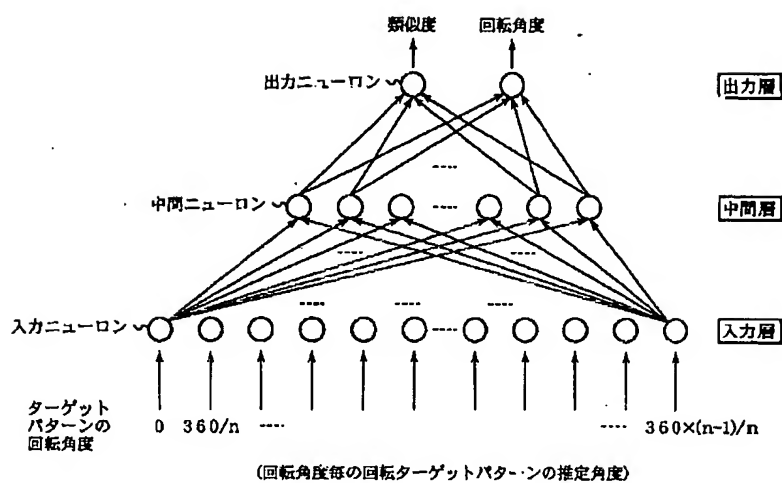
【図5】



【図6】



【図7】



【図9】

